

**ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ДАТЧИКАМИ
РАССТОЯНИЯ ДО ТРУБОПРОВОДА, С ЦЕЛЬЮ ИСКЛЮЧЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЯ
ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

В.А. Фисенко

Научный руководитель - доцент В.К. Никульчиков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Актуальность рассмотренной проблемы обусловлена высокой частотой аварий при проведении земляных работ. Согласно статистике Ростехнадзора около 6 % инцидентов на магистральном трубопроводе происходит по причине механических повреждений трубопровода при проведении земляных работ. Такие инциденты в последние два года происходят все чаще. Примеры приведены в таблице. По данным ПАО «Транснефть» за последние два года насчитывается 6 инцидентов повреждения трубопровода экскаваторной техникой.

Таблица

Инциденты на магистральных нефтепроводах ПАО «Транснефть»

Дата	Объект	Краткая информация об инциденте
11.03.2017	НПС «Раскино» РНУ «Стрежевой» АО «Транснефть- Центральная Сибирь»	При производстве земляных работ по разработке ремонтного котлована в результате механического воздействия ковшом экскаватора был сорван вентиль патрубка недействующего отбора давления. В результате инцидента произошел выход 0,08 м ³ нефти
02.04.2017	Км 124 МН «Киенгоп-Набережные Челны» Удмуртского РНУ АО «Транснефть-Прикамье»	При производстве земляных работ по подготовке ремонтного котлована ковшом экскаватора был поврежден заглушенный патрубок неиспользуемого отбора давления
01.06.2017	Км 128,5 Магистрального нефтепродуктопровода «Уфа- Петропавловск» Черкасского НУ АО «Транснефть-Урал»	При производстве земляных работ по вскрытию трубопровода для проведения ДДК сварных присоединений произошло повреждение приварного патрубка с задвижкой. В результате инцидента произошел выход нефти объемом 7,2 м ³
04.06.2018	НПС «Покровская» Самарского РНУ АО «Транснефть-Приволга	При проведении земляных работ по разработке траншеи под укладку вновь монтируемого технологического трубопровода, ковшом экскаватора была задета плоская заглушка приварного патрубка с задвижкой, что повлекло выход 0,1 м ³ нефти
06.06.2018	Км 467 МН «Сургут-Полоцк» Урайского УМН АО «Транснефть-Сибирь»	При производстве работ по вскрытию нефтепровода «Сургут-Полоцк» ковшом экскаватора был поврежден незадействованный отбор давления. В результате инцидента произошел выход нефти в объеме 0,05 м ³ , площадь загрязнения составила 6м ²

В данной работе рассмотрены несколько систем 2D и 3D нивелирования, выделяются их достоинства и недостатки, а также возможность и степень их применимости при производстве земляных работ, проведен анализ путей решения проблемы механического повреждения трубопровода при проведении земляных работ, дан обзор различных типов существующих датчиков и способов их установки на рабочий орган специальной техники, предложен вариант конструкции для установки датчиков на рабочий орган экскаватора.

Среди существующих средств автоматизации, призванных помочь машинисту экскаватора, можно выделить системы 2D и 3D нивелирования.

Основные функции таких систем: контроль глубины и уклона при разработке котлована; разработка выемки или отсыпка насыпи сложного профиля; задание «мертвой зоны», при достижении которой блокируется гидравлика.

Применение описанных 2D систем для безопасного ведения земляных работ представляется нецелесообразным, так как сложность синхронизации местоположения трубопровода, параметров котлована и местоположения экскаватора не позволяют выполнить поставленную задачу [4].

Применение 3D систем для безопасного ведения земляных работ представляется нецелесообразным ввиду их высокой стоимости (6 млн. руб.), а также необходимости привлечения и предварительного обучения инженерного персонала для разработки цифровой модели [1].

Интересна разработка комплекса для сигнализации приближения ковша к подземным коммуникациям фирмы EZiDIG Италия. Сигнализация осуществляется в режиме реального времени, чувствительный орган прибора крепится на рукояти экскаватора. В базовой комплектации прибор предназначен для поиска сигнальных кабелей и кабелей питания. Но при подключении генератора сигнала, можно контролировать положение других коммуникаций, самостоятельно не генерирующих электромагнитный сигнал.

EZiDIG не представлен на российском рынке, и не имеет отечественных аналогов. Это усложняет внедрение данного оборудования, повышает риски, увеличивает затраты на внедрение и обслуживание.

Другим подходом к решению проблемы может быть использование датчиков для обнаружения трубопровода. Перспективным кажется применение электромагнитных датчиков, используемых в трассоискателях и георадарах.

Главным преимуществом магнитных сенсоров является способность магнитного поля проникать через любые немагнитные материалы, при этом сохраняя уровень точности определения расстояния до исследуемого объекта. Это позволяет, независимо от наличия различных немагнитных видов преград между датчиком и объектом, определять расстояние с очень высокой степенью точности и практически мгновенно. Так же другим не маловажным достоинством магнитных сенсоров является то, что они способны работать в сложных климатических условиях, они невосприимчивы к коррозии.

Применение электромагнитных датчиков осложнено близостью массивных металлических частей самого экскаватора, а также их подвижностью. Очевидны сложности с выбором места установки датчиков. Так для корректной работы в окружении неэкранированного вихретокового датчика не должно быть металлических объектов. Подобный недостаток может быть устранен экранированием датчика.

Экранированный датчик в свой состав включает следующие элементы: ферритовый сердечник, катушку и металлический кожух вокруг них. Экранирование позволяет датчику фокусировать электромагнитное поле на свою переднюю часть, что дает возможность установки данных датчиков без изменения диапазона измерений в структуры из металла.

Из всего множества существующих видов датчиков, наиболее перспективно для решения поставленной задачи выглядят магниторезистивные датчики магнитного поля, у которых магниторезистор играет роль чувствительного элемента.

Принцип действия данного вида датчиков состоит в эффекте, при котором происходят изменения омического сопротивления материала в зоне, где действует магнитное поле.

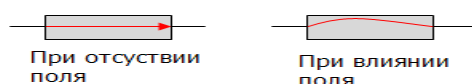


Рис. 1 Движение тока в полупроводнике

Физический смысл данного эффекта заключается в том, что при обнаружении полупроводникового элемента, в котором протекает электрический ток в магнитном поле, электроны подвергаются действию сил Лоренца (рис. 1). Данные силы в свою очередь вызывают отклонения в прямолинейном движении носителей электрического заряда, искривляют (удлиняют) его. А удлинение пути полупроводникового элемента между его

выводами аналогично изменению его сопротивления.

В магнитном поле изменение длины «пути следования» электронов обусловлено взаимным положением векторов намагниченности этого поля и поля протекающего тока. При изменении угла между векторами поля и тока пропорционально изменяется и сопротивление [2].

Место установки датчиков, обеспечивающее безопасность трубопроводу находится у коронок ковша (рис. 2). Установить даже небольшие датчики у коронок сложная задача т.к. на эти места приходится максимум давления и износа во время работы экскаватора. Поэтому достаточно простым вариантом может стать крепление датчиков на раме, закрепленной на рукояти, и повторяющей периметр ковша [3].



Рис. 2 Схема расположения элементов экскаватора

Учитывая распространенность использования магнитных датчиков и существование приборов схожих по принципу действия с проектируемым, разработка прототипа требуемого электронного оборудования не связана с большими рисками и затратами.

Литература

1. Букреев И.А. Системы нивелирования 3D в применении к экскаваторам // Дороги и люди. – Москва, 2012. – № 11. – С. 14 – 16.
2. Лисанов М.В. Анализ риска магистральных нефтепроводов при обосновании проектных решений, компенсирующих отступления от действующих требований безопасности // Безопасность труда в промышленности. – Москва, 2010. – № 3. – С. 58 – 66.
3. Сапоненко У.И. Машинист экскаватора одноковшового. – М.: Академия, 2008. – 66 с.
4. Уставич Г.А. Геодезические работы при строительстве и эксплуатации крупных энергетических объектов. – М.: Недра, 1983. – 130 с.